

Мартин Саар

# ОРГАНИЧЕСКИЕ ВЕЩЕСТВА

УЧЕБНИК  
ДЛЯ ГИМНАЗИИ



1. SÜSINIKÜHENDITE STRUKTUURI KUJUTAMINE
2. ALKAANID JA NENDE NOMENKLATUUR
3. ISOMEERIA JA ALKAANIDE KEEMISTEMPERatuurID
4. ASENDATUD ALKAANID JA NENDE FÜÜSİKALISED OMADUSED
5. KÜLLASTUMATA JA AROMAATSED SÜSIVESINIKUD
6. LITUMISPOLÜMERISATSIION
7. KARBONÜÜLHENDID
8. KARBOKSÜÜLHAPPED
9. ESTRID JA AMIIDID
10. POLÜKONDENSATSIION
11. SÜSINIKÜHENDID ORGANISMIDES



Издательство подтверждает соответствие учебника действующей Государственной программе обучения для гимназии и требованиям, предъявляемым Министерством образования и науки к учебной литературе.

Учебник для гимназии  
ОРГАНИЧЕСКИЕ ВЕЩЕСТВА

Автор: Мартин Саар

Рецензенты: Неме Катт, Картин Сойка, Сяде Виирлад

Редактор: Андрус Кангро

Перевод: Анастасия Воронина

Корректурa Ирина Логвина

Иллюстрации: Хейко Унт

Формулы: Мартин Саар

Оформление: Хейси Вяльяк

Дигитальные учебные материалы издательства Maurus:

ISBN 978-9916-663-65-3

Издательство Maurus, 2022

Первое издание эстонской версии учебника: 2019. Повторное издание: 2020.

Тарту мнт. 74,

10144, Таллинн,

Телефон: 59 19 6117

tellimine@kirjastusmaurus.ee

www.kirjastusmaurus.ee

Все права на данное издание защищены законом. Механическое, электронное и любое другое копирование текста или его части запрещено без письменного разрешения владельца авторских прав.

# СОДЕРЖАНИЕ

Введение	5
1. Изображение структуры органических соединений	7
2. Алканы и их номенклатура	15
3. Изомерия и температуры кипения алканов	22
4. Замещенные алканы и их физические свойства	28
5. Ненасыщенные и ароматические углеводороды. Химические свойства углеводородов	42
6. Полиприсоединение	51
7. Карбонильные соединения	58
8. Карбоновые кислоты	64
9. Сложные эфиры и амиды	72
10. Поликонденсация	78
11. Углеродные соединения в организмах	85
Сахариды	85
Белки	90
Жиры	95



## Введение

Дорогой читатель!

Большинство из известных нам на сегодняшний день 80 миллионов веществ являются органическими веществами. Еще в начале 19 века органические и неорганические вещества различали, исходя из того, образуется ли вещество в ходе природных процессов, протекающих во время жизнедеятельности живых организмов, или его получают из минералов («неживой природы»). Но уже в середине 19 века стало понятно, что такое деление на органические и неорганические вещества не подходит, потому что в лабораторных условиях из неорганических веществ удалось получить органические. Новаторским экспериментом, изменившим отношение современников к этому вопросу, считается проведенный в 1828 году опыт Фридриха Вёлера, в котором ему удалось из неорганического вещества цианата аммония получить содержащуюся в моче мочевину. После этого в лаборатории были получены и другие органические соединения (например, краситель анилин, уксусная кислота, муравьиная кислота и жиры). На сегодняшний день к органическим веществам относят соединения углерода. В то же время оксиды углерода, угольную кислоту и ее соли относят к неорганическим веществам. Признаком органического вещества обычно считается наличие в частице вещества связи С-Н.

С органической химией мы бегло познакомились в основной школе, но систематическое изучение этой области в рамках одного курса, к сожалению, будет происходить только на гимназической ступени. В этом вам поможет ваш учитель, и, будем надеяться, этот учебник и разработанная для него рабочая тетрадь.

Учитывая огромное количество соединений, структурных формул, классов веществ и типов реакций, органическая химия, на первый взгляд, может показаться сложной. В 1835 году Вёлер написал следующее: «Органическая химия видится мне первобытным тропическим лесом, который полон удивительных вещей, бесконечной чащей, из которой нет выхода». Действующая учебная программа и этот учебник пытаются системно подойти к изучению органической химии и поддержать умеренный темп изучения предмета, дать возможность прежде всего познакомиться с принципами изображения структуры органических веществ, а затем перейти к конкретным классам веществ, составлению названий и их физическим и химическим свойствам.

Изучение органической химии полезно: чем больше мы знаем, умеем и понимаем, тем интереснее нам будет двигаться дальше! И чем больше мы обнаружим связей между органической химией и природой, составом наших организмов, питанием и здоровьем, тем больше станем ценить роль органической химии в промышленности, технике и нашей повседневной жизни, в том числе в обеспечении комфорта и в нашем богатом культурном наследии. Конечно, изучение органической химии облегчается тем, что все законы природы, изученные в предыдущих курсах, применимы и к «миру» органической химии.

Особенностью органической химии является большое разнообразие соединений углерода. Причиной такого разнообразия является прежде всего способность атомов углерода образовывать устойчивые цепочки разной длины и формы.

В мире существует много разных органических веществ. Поэтому хочется особенно подчеркнуть, что приведенные в этом учебнике примеры органических соединений и их структурные формулы не нужно учить наизусть. Приведенные примеры помогают объяснить важнейшие закономерности и принципы, способствуют приобретению грамотности в области органической химии и помогают понять важность органических соединений и органической химии в окружающем нас мире. Эти примеры помогут изучить основные функциональные группы, научат отличать важные части молекул от менее важных и прогнозировать свойства соединений исходя из строения их молекул.

Автор выражает благодарность всем ученикам Таллиннской Реальной Школы и Гимназии Густава Адольфа, совместная работа с которыми стала основой для написания этого учебника. Автор сердечно благодарит внимательных рецензентов и редактора за их неоценимый вклад. Все замечания, поправки и пожелания, которые касаются учебника, просьба присылать на электронный адрес [martin.saar@real.edu.ee](mailto:martin.saar@real.edu.ee).

Автор желает вам много сил и упорства в изучении химии. Этот процесс может принести вам много удовольствия.

Автор

# 1. Изображение структуры органических соединений

Атомы какого химического элемента представлены в молекулах органических веществ чаще атомов остальных элементов?

Обычно органическими называют соединения углерода, которые содержат связь С–Н. Четыре важнейших химических элемента, атомы которых представлены в молекулах органических веществ, — это углерод (С), водород (Н), кислород (О) и азот (N). Кроме этих элементов, молекулы органических веществ могут содержать серу (S), фосфор (P), галогены (F, Cl, Br, I) и атомы других химических элементов.

Формы существования атомов четырех самых распространенных элементов в молекулах органических веществ представлены в таблице.

Граница между органическими и неорганическими веществами является условной. Например,  $\text{CCl}_4$  считается органическим веществом, несмотря на то что в этом веществе отсутствуют связи С–Н. Оксиды углерода, угольную кислоту и ее соли относят к неорганическим веществам.

Химический элемент	Углерод С	Азот N	Кислород О	Водород Н
характерное количество ковалентных связей	четыре	три	два	один
точечная схема (атомы внешнего электронного уровня)	$\cdot\overset{\cdot}{\underset{\cdot}{\text{C}}}\cdot$	$\cdot\overset{\cdot}{\underset{\cdot}{\text{N}}}\cdot$	$\cdot\overset{\cdot}{\underset{\cdot}{\text{O}}}\cdot$	$\text{H}\cdot$
способы изображения атомов	<p>четыре одинарных связи*</p> $\begin{array}{c}   \\ \text{---C---} \\   \end{array}$ <p>одна двойная связь, две одинарных связи</p> $\begin{array}{c} \diagup \\ \text{C=} \\ \diagdown \end{array}$ <p>одна тройная связь, одна одинарная связь</p> $\text{---C}\equiv$ $\equiv\text{C---}$ <p>две двойные связи</p> $\text{=C=C=}$	<p>три одинарных связи</p> $\begin{array}{c} \diagup \\ \text{---N---} \\ \diagdown \end{array}$ <p>одна двойная связь, одна одинарная связь</p> $\begin{array}{c} \diagup \\ \text{N=} \\ \diagdown \end{array}$ <p>одна тройная связь</p> $\text{N}\equiv$	<p>две одинарных связи</p> $\begin{array}{c} \diagup \\ \text{---O---} \\ \diagdown \end{array}$ <p>одна двойная связь</p> $\text{O}=\text{=}$	<p>одна одинарная связь</p> $\text{H---}$

\*Одинарная связь – это ковалентная связь между двумя атомами, которая образована с помощью одной общей электронной пары. Двойная связь образована двумя общими электронными парами, а тройная связь образована тремя общими электронными парами.

Атомы галогенов обычно образуют в молекулах органических веществ одну ковалентную связь.

Какой формой могут обладать углеродные цепи?

Атомы углерода соединяются между собой и образуют устойчивые цепочки разной длины. Образование таких цепочек является основной причиной разнообразия соединений углерода. Атомы других химических элементов не обладают таким свойством.

Различают неразветвленные (линейные), разветвленные и циклические углеродные цепочки.

Форма углеродной цепочки	Неразветвленная	Разветвленная	Циклическая
пример органического соединения	$\begin{array}{ccccccccc} & \text{H} & & \text{H} & & \text{H} & & \text{H} & & \text{H} & \\ &   & &   & &   & &   & &   & \\ \text{H} & - \text{C} & - & \text{C} & - & \text{C} & - & \text{C} & - & \text{C} & - \text{H} \\ &   & &   & &   & &   & &   & \\ & \text{H} & & \text{H} & & \text{H} & & \text{H} & & \text{H} & \end{array}$	$\begin{array}{ccccccc} & \text{H} & & \text{H} & & \text{H} & & \text{H} & \\ &   & &   & &   & &   & \\ \text{H} & - \text{C} & - & \text{C} & - & \text{C} & - & \text{C} & - \text{H} \\ &   & &   & &   & &   & \\ & \text{H} & & \text{C} & & \text{H} & & \text{H} & \\ & & &   & & & & & \\ & & & \text{H} & & & & & \end{array}$	$\begin{array}{ccccccc} & & & \text{H} & & & & \\ & & &   & & & & \\ & \text{H} & & \text{C} & & \text{H} & & \\ &   & &   & &   & & \\ \text{H} & - \text{C} & - & \text{C} & - & \text{C} & - & \text{H} \\ &   & &   & &   & & \\ & \text{H} & & \text{C} & & \text{H} & & \\ & & &   & & & & \\ & & & \text{H} & & & & \end{array}$
объяснение формы углеродной цепочки	каждый атом углерода (кроме атомов на концах цепочки) связан только с двумя другими атомами углерода	один или больше атомов углерода связан с тремя или четырьмя другими атомами углерода	«закрытая» углеродная цепочка



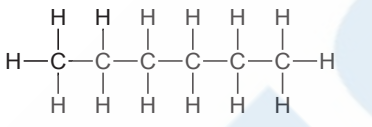
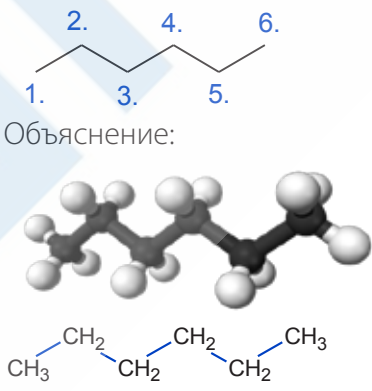
С помощью гексана из соевых бобов получают масло.

Как можно выразить состав и строение молекул?

Разные типы формул используются для выражения состава и строения молекул. Рассмотрим разные типы (структурных) формул на примере гексана.

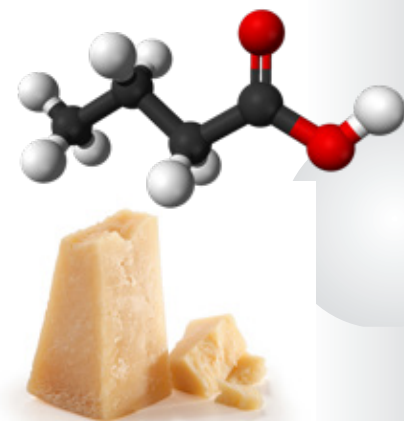
Гексан – это углеводород, в молекуле которого шесть атомов углерода, между которыми присутствуют только одинарные связи. Гексан является компонентом моторного топлива бензина. Это соединение является неполярным растворителем. Его используют для выделения пищевых масел из семян, например, в производстве соевого и подсолнечного масла. В таблице приведены три основных типа структурных формул, или способов изображения строения (структуры) молекул органических соединений.



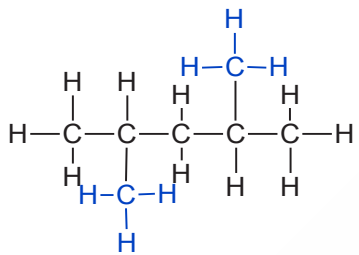
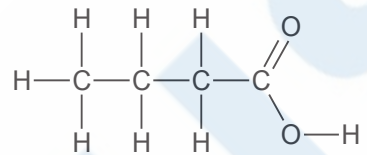
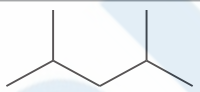
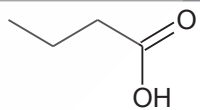
Способ изображения	Пример: гексан
<p><b>Плоскостная, или классическая структурная формула</b>, с помощью символов элементов показывает все атомы, входящие в состав молекулы, а также все связи, присутствующие между атомами (с помощью черточек).</p>	
<p><b>В упрощенной структурной формуле</b> вместе записываются принадлежащие каждому атому углерода атомы или группы атомов; обычно отдельно выписываются кратные связи между атомами углерода (иногда записываются и одинарные связи между атомами углерода). В упрощенной структурной формуле повторяющуюся часть молекулы можно записать в скобках и с помощью индекса записывается количество повторений.</p>	<p><math>\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_3</math></p> <p>или</p> <p><math>\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3</math></p> <p>или</p> <p><math>\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CH}_3</math></p>
<p>В случае <b>графического изображения</b> с помощью прямого отрезка отмечают все ковалентные связи, а атомы углерода и связанные с ними атомы водорода не показывают. Это означает, что на концах каждого отрезка в точках перелома линии находится атом углерода вместе со связанными с ним атомами водорода. Другие элементы (например, O, N...) записываются вместе со связанными с ними атомами водорода. В основе графического изображения лежит проекция углеродной цепи на плоскость. Для визуализации этого подхода справа приведена модель молекулы гексана и упрощенная структурная формула, которая дает более точное представление об углах между атомами углерода в молекуле гексана.</p>	 <p>Объяснение:</p>

**Суммарная (молекулярная) формула, или брутто-формула**, показывает, сколько всего атомов соответствующего химического элемента входит в состав молекулы вещества. Суммарная формула гексана –  $\text{C}_6\text{H}_{14}$ .

Рассмотрим способы изображения структуры еще двух молекул, имеющих более сложное строение. Мы рассмотрим разветвленную углеродную цепочку на примере 2,4-диметилпентана и карбоновую кислоту на примере бутановой кислоты. Чтобы упростить понимание, побочные группы в плоскостной и упрощенной формуле 2,4-диметилпентана обозначены цветом. Бытовое название бутановой кислоты указывает на то, что впервые эта кислота была выделена из масла. Масляная кислота обладает специфическим неприятным запахом. Эта кислота содержится, например, в сыре Пармезан.



Модель молекулы бутановой кислоты содержащий бутановую кислоту сыр Пармезан

Способ изображения	2,4-диметилпентан	Бутановая кислота
плоскостная структурная формула		
упрощенная структурная формула	$\begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{CH}_3 \\   \quad   \\ \text{CH}_3 \quad \text{CH}_3 \end{array}$ <p>или</p> $\text{CH}_3\text{CH}(\text{CH}_3)\text{CH}_2\text{CH}(\text{CH}_3)\text{CH}_3$ <p>Группы атомов, которые не принадлежат к основной цепочке, берут в скобки.</p>	$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{COOH}$ <p>или</p> $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$
графическое изображение		

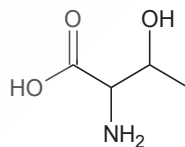
Суммарная формула 2,4-диметилпентана –  $\text{C}_7\text{H}_{16}$ , а бутановой кислоты –  $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2$ .

Как понять строение молекулы по ее структурной формуле?

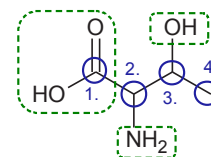
Ниже приведена графическая формула и ее анализ для входящей в состав белка аминокислоты, которая называется треонин.



Чечевица содержит треонин.



графическая формула



анализ графической формулы

Треонин в больших количествах содержится в чечевице, а также в говядине, свинине, птице и рыбе.